TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE MAMONA

LUCIANA APARECIDA DE SOUZA

2007

LUCIANA APARECIDA DE SOUZA

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE MAMONA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientadora

Profa. Dra. Maria Laene M. de Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2007

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFLA

Souza, Luciana Aparecida de
Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona / Luciana Aparecida de Souza. -- Lavras : UFLA, 2007.
53 p. : il.

Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Mamona. 2. Sementes. 3. Condutividade elétrica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.85

LUCIANA APARECIDA DE SOUZA

TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE MAMONA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 28 de fevereiro de 2007.

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA
Prof. Dr. Antônio Carlos Fraga	UFLA
Dra. Kalinka C. Padovani de C. Salgado	FAPEMIG

Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

"Ele me sustenta a cada dia. Sem Ele eu não sou nada, mas com Ele eu posso todas as coisas através de Jesus Cristo, que me fortalece".
(Filipenses 4:13)

A minha querida mãe, Maria Antônia
pelo amor e incentivo durante toda a minha vida.
Ao meu irmão, Marcos, pelas alegrias que
tanto me concede a cada dia.

OFEREÇO

Ao Alexandre, meu grande amor, pelo incentivo,
alegria, paciência e companheirismo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor meu Deus, caminho, verdade e vida.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade oferecida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu exemplo, minha querida orientadora Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho, pela amizade, paciência, dedicação e ensinamentos transmitidos.

Aos meus professores, Édila Vilela de Resende Von Pinho, Renato Mendes Guimarães, João Almir de Oliveira e aos pesquisadores Antônio Rodrigues Vieira e Luciana Magda de Oliveira, pela amizade e dedicação.

Aos funcionários do Setor de Sementes, a todos os meus amigos de pós-graduação, especialmente Lucrécio e Tanismare e aos alunos de graduação Diego, Carla e Denise, pela valiosa ajuda na realização dos experimentos.

À doutoranda em Estatística Verônica Yumi Kataoka, pela inestimável colaboração nos trabalhos e amizade.

Ao professor Antônio Carlos Fraga, pela doação das sementes utilizadas nos experimentos.

Aos amigos da EPAMIG/CTSM, pela agradável convivência durante esses anos.

Aos pesquisadores da EPAMIG, Vanda Maria Oliveira Cornélio, Hugo Adelande de Mesquita e Maria Inês Nogueira Alvarenga, pela oportunidade, amizade e apoio no momento em que mais precisei.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO..... i

ABSTRACT..... ii

1 INTRODUÇÃO..... 01

2 REFERENCIAL TEÓRICO..... 03

2.1 Descrição da mamoneira e sua importância econômica..... 03

2.2 Qualidade de sementes e o sistema de membranas..... 06

2.3 Condutividade elétrica..... 09

2.4 Condutividade elétrica de massa..... 12

2.5 Condutividade elétrica individual..... 17

3 MATERIAL E MÉTODOS..... 21

3.1. Caracterização dos lotes..... 21

3.1.1 Determinação do teor de água..... 21

3.1.2 Teste de germinação..... 21

3.1.3 Emergência..... 22

3.1.4 Tetrazólio..... 22

3.1.5 Avaliação de danos mecânicos..... 23

3.1.6 Sanidade..... 23

3.1.7 Curva de embebição..... 23

3.2 Condutividade elétrica de massa..... 24

3.3 Lixiviação de potássio..... 24

3.4 Condutividade elétrica individual..... 25

3.5 Determinação do ponto de partição..... 25

3.6 Delineamento experimental..... 26

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 27

4.1 Caracterização dos lotes..... 27

4.2 Condutividade elétrica de massa..... 32

4.3 Condutividade elétrica individual..... 35
4.4 Determinação do ponto de partição..... 37
4.5 Estudo da correlação..... 41
5 CONCLUSÕES..... 44
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 45

RESUMO

SOUZA, Luciana Aparecida de. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona.** 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O aumento na demanda por sementes de mamona no Brasil, vem desencadeando um grande interesse em testes rápidos que possibilitem a diferenciação de lotes de qualidade superior. Para investigar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona, foram utilizados dez lotes das cultivares AL Guarany 2002 e IAC 80. As sementes foram submetidas ao teste de condutividade elétrica de massa e individual em quatro períodos de embebição (6, 12, 18 e 24 horas). A caracterização dos lotes foi realizada pelos testes de germinação, primeira contagem, emergência, estande inicial, índice de velocidade de emergência e tetrazólio. Também foram determinados o teor de água, a sanidade e a curva de embebição das sementes. O teste de condutividade elétrica de massa foi realizado em aparelho condutivímetro CD-21, utilizando-se copos plásticos contendo 25 sementes em 75 ml de água deionizada, acondicionados em BOD, à temperatura de 25°C. A determinação da condutividade individual foi realizada com analisador automático de sementes SAD-9000S. Ao contrário da determinação da condutividade elétrica individual, o teste de condutividade elétrica de massa é eficiente na detecção de diferenças de qualidade em lotes de sementes de mamona, sendo o período de 6 horas de embebição o indicado para a realização do teste.

---

*Comitê Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA (Orientadora), João Almir de Oliveira - UFLA (Co-orientador), Antônio Rodrigues Vieira – EPAMIG (Co-orientador), Luciana Magda Oliveira – CAPES (Co-orientadora).

ABSTRACT

SOUZA, Luciana Aparecida de. **Electrical conductivity test to evaluate quality of castor seeds.** 2007. 53 p. Dissertation (Masters degree program in Agronomy) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

The increasing demand for castor seeds in Brazil has promoted more interest in the development of tests to assess seed lots with superior quality. To investigate the possibility of use of electrical conductivity test for evaluation of castor bean seed quality, ten seed lots from the cultivars AL Guarany 2002 and IAC 80 were used. The seeds were submitted to the bulk and individual conductivity test at four periods of imbibition (6, 12, 18 and 24 hours).The characterization of the lots was carried by the germination test, first count, seedling emergency, initial emergency, index of emergency speed and tetrazolium test. There were also determined the moisture content of the seeds, the imbibition curve and seed sanity. The bulk conductivity test was carried by using plastic cups with 25 seeds each in 75 ml of deionized water, incubated in BOD at constant temperature of 25°C. The determination of the individual conductivity was carried by automatic analyzer of seeds SAD-9000S. In contrast with the determination seed quality by using the individual conductivity test, the bulk conductivity test was efficient in the detection of differences in seed lots quality of castor, being the period of 6 hours the imbibition time indicated for the test.

---

*Guidance committee: Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA (Advisor), João Almir de Oliveira - UFLA (Co-Advisor), Antônio Rodrigues Vieira – EPAMIG (Co-Advisor), Luciana Magda Oliveira – CAPES (Co-Advisor).

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da mamona está em expansão no Brasil, devido à importância econômica do óleo extraído de suas sementes, utilizado, principalmente, na indústria e também como fonte de matéria-prima para a fabricação do biodiesel, que é um combustível não fóssil e menos poluente.

A crescente necessidade de produção de óleo de mamona exige melhor nível tecnológico empregado em lavouras, como uso de insumos industriais, sistemas de preparo de solo, plantio, colheita e uso de sementes de qualidade, para que seja obtida uma maior produtividade, associada a um incremento da qualidade do produto final.

A demanda atual por sementes de mamona é grande e a qualidade dessas sementes depende, entre outros fatores, das condições de produção. Mas, a determinação deste parâmetro depende de métodos de avaliação que permitam detectar com eficiência e rapidez as variações entre lotes e as possíveis causas da baixa qualidade dessas sementes, auxiliando nas tomadas de decisão em relação ao destino dos lotes.

O método tradicionalmente usado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de mamona baseia-se na realização do teste de germinação, que demanda, no mínimo, 14 dias. Nesse contexto, os tecnologistas de sementes vêm tentando desenvolver métodos simples e mais rápidos que permitam esta avaliação.

Dentre os testes de vigor e viabilidade atualmente utilizados, o teste de condutividade elétrica tem se destacado por sua facilidade de execução, baixo custo, rapidez, reprodutividade e fácil interpretação de resultados. Apesar de suas vantagens, o teste necessita de ajustes especiais para a sua utilização em

diferentes espécies, já que os resultados dependem da morfologia e tamanho das sementes, da permeabilidade dos tecidos dentre outros fatores.

O princípio do teste está fundamentado na medição da condutividade elétrica dos eletrólitos liberados pela semente na água de embebição, e essa condutividade está diretamente ligada à integridade das membranas celulares, tendo, assim, sido o teste proposto para avaliação do vigor em sementes.

Assim, nesta pesquisa, objetivou-se investigar a possibilidade de utilização do teste de condutividade elétrica para a diferenciação de lotes de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição da mamoneira e sua importância econômica

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), também conhecida como carrapateira, palma cristi e rícino, é uma das 7.000 espécies da família Euphorbiaceae, possivelmente originária da Etiópia, no continente africano (Beltrão et al., 2001). Foi cultivada desde as primeiras civilizações e é hoje disseminada por quase todo o mundo. A expansão do seu cultivo deu-se, principalmente devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e à importância do óleo extraído de suas sementes.

Em relação à fisiologia, à morfologia e à biologia floral, a mamoneira apresenta-se bastante complexa. É uma planta C3 que possui metabolismo fotossintético reduzido em relação a uma planta C4, apresentando elevadas taxas de fotorrespiração. Seu porte varia de 0,8 m a mais de 7 m de altura, com ramificações caulinares do tipo simpodial, raízes fistulosas e vários tipos de expressão da sexualidade. É considerada uma planta autógama, podendo apresentar até 30% de alogamia. Em geral, apresenta as flores masculinas na parte inferior e femininas na parte superior do racemo floral, caracterizando-as com planta monóica, com polinização do tipo anemófila (Azevedo et al, 1997; Beltrão e Silva, 1999).

De acordo com Moskin (1986), a biologia floral da mamoneira possui diversos tipos de expressão da sexualidade: fêmea estável (flores femininas em todos os racemos), fêmea instável (racemo central pistilado e os demais, parciais ou totalmente monóicos), plantas com tendência para fêmea (apresentam um pequeno número de flores masculinas, máximo 10, na parte basal da inflorescência), plantas com poucas flores masculinas ocorrendo em todas as

partes do racemo, plantas só com flores masculinas e plantas monóicas (normais). Existem, ainda, plantas hermafroditas e, em alguns casos, ocorre a reversão sexual, que se deve a vários fatores tais como manejo da cultura, ambiente e genética da planta.

Os frutos da mamoneira são cápsulas do tipo tricoca, muito variáveis em relação a tamanho, coloração e presença ou não de espinhos, sendo compostos de três lojas, cada uma com um óvulo que quando fecundado, produz uma semente, originando então, três sementes por fruto.

A semente é constituída de tegumento, rafe, micrópila, carúncula, endosperma, cotilédones e eixo embrionário. Há uma grande variação em relação a cor, forma, tamanho, peso, proporção do tegumento, presença ou ausência de carúncula e maior ou menor aderência do tegumento ao endosperma da semente (Mazzani, 1983). A casca dura e quebradiça constitui o tegumento da semente de mamona, que é composto ainda por uma película interna fina, que envolve o endosperma branco e rico em óleo (Ribeiro Filho, 1966).

Segundo Moshkin (1986), o peso de 100 sementes varia de 10 a 100 g, ou seja, 0,1 a 1 g por semente. O comprimento varia de 0,8 a 3 cm e a largura, de 0,6 a 1,5 cm, e a espessura varia de 0,4 a 1 cm. A germinação das sementes de mamona é do tipo epígea e, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), demanda 14 dias para ocorrer sob condições ideais. As temperaturas indicadas para o teste de germinação são de 20º-30°C alternadas, com a primeira contagem aos 7 dias. Recomenda-se que a carúncula das sementes seja retirada para a realização do teste de germinação, por ser uma estrutura propícia ao desenvolvimento de fungos causadores de doenças na plântula.

De acordo com Souza et al. (2006), que testaram melhores métodos para a avaliação da geminação de sementes de mamona, a porcentagem entre sementes intactas e sementes sem carúncula que germinaram não variou, ou seja,

a presença da carúncula possui papel irrelevante no processo de germinação. A semente apresenta dormência que varia entre cultivares e entre racemos (Lago et al., 1979) tornando-se quase nula após nove meses de armazenamento, independente da cultivar. Porém, essa dormência tem sido pouco detectada em lotes comercias de mamona.

A semente de mamona contém entre 40% a 60% de óleo, seu principal componente. Com aproximadamente 90% de ácido ricinoléico, o óleo de mamona é uma fonte praticamente pura deste ácido graxo, fato considerado raro e que, devido à presença de três grupos hidroxílicos e à posição da dupla ligação na cadeia, torna o óleo único na natureza, solúvel em álcool (Beltrão et al., 2001).

O óleo extraído de suas bagas é o principal produto em importância econômica da mamoneira, possuindo inúmeras aplicações na indústria. Dentre essas aplicações, pode-se destacar o uso medicinal e cosmético, na construção civil, na indústria automobilística, em revestimento de poltronas e paredes de avião já que não queima com facilidade e nem libera gases tóxicos, na fabricação de plásticos biodegradáveis, fibra ótica, tintas, vidros à prova de balas, lubrificantes e até próteses ósseas que são feitas de resina de mamona, material mais leve que a platina e que não apresenta problemas com rejeição, entre outros. Também é empregado como aditivo do querosene, em tanques de aviões e foguetes espaciais, pois impede o congelamento de combustíveis a baixíssimas temperaturas, além da produção de biodiesel, fonte alternativa de combustível menos poluente que os derivados de petróleo, elaborado à base da extração de óleos vegetais.

A cultura da mamona se apresenta como uma alternativa de grande importância social e econômica para o país, particularmente para a região Nordeste, que dispõe de mais de 45 milhões de hectares de terras com aptidão para o seu cultivo. É na Bahia, estado maior produtor, que essa lavoura possui

maior expressão econômica, principalmente na região de Irecê, onde a mamona, no período de entressafra das culturas de grãos, é grande empregadora de mão-de-obra.

O incentivo à agricultura familiar tem sido apontado como um importante fator de inclusão social dos diversos programas governamentais de produção do biodiesel. Esses programas estão sendo implantados com o objetivo de expandir a cultura da mamoneira para todas as regiões do país, gerando matéria-prima para a produção de biocombustível e reduzindo a dependência externa no abastecimento das indústrias nacionais.

Um dos maiores entraves para expansão da cultura da mamona no país refere-se, principalmente, à escassez e à baixa qualidade das sementes disponíveis no mercado. Dentre as conclusões dos Congressos Brasileiros de Mamona, realizados pela Embrapa em 2004 e 2006, pesquisadores, produtores, políticos e técnicos da área enfocaram que um dos desafios para a implantação do programa do biodiesel proveniente da mamona está na produção de sementes de qualidade, sendo este um fator primordial para o estabelecimento da cultura e o conseqüente aumento da produtividade.

2.2 Qualidade de sementes e o sistema de membranas

O termo "qualidade", aplicado à semente, reflete o desempenho de lotes em diferentes condições de campo, podendo ser avaliado pelo estabelecimento de um estante ideal, pelo potencial produtivo determinado pelas características de melhoramento, ou mesmo pela ausência de contaminantes como pragas, doenças e plantas invasoras (Carvalho et al., 2006).

De acordo com Andrade & Borba (1993), a qualidade das sementes pode ser afetada por diversos fatores durante todo o processo de produção iniciando pelos fatores genéticos, como, por exemplo, diferentes variedades de uma

mesma espécie que podem ter maior ou menor vigor e longevidade. As adversidades ocorridas durante o desenvolvimento das sementes têm sido os principais fatores na deterioração e redução da qualidade das sementes.

Para Ellis (1991), a deterioração ou envelhecimento de sementes envolve uma seqüência de eventos bioquímicos e fisiológicos, que levam a uma progressiva queda na qualidade de sementes e, finalmente, à perda da viabilidade. Segundo Delouche (1975) e Basra (1995), a deterioração é um processo inevitável e irreversível, mas que pode ser controlado. Na maturidade fisiológica, quando a semente atinge seu nível máximo de qualidade, a deterioração está em seu nível mínimo. A partir da maturidade, o nível de qualidade da semente começa a decrescer em conseqüência de diversos fatores, tais como: extremos de temperatura durante a maturação, flutuações das condições de umidade ambiente, deficiências nutricionais das plantas, pragas e doenças, além de técnicas inadequadas de colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento e transporte (Carvalho et al., 2006).

Na maturação da semente, o sistema de membranas está sujeito a contínuas transformações, em função do desenvolvimento da semente e do teor de água nela contido, sendo que, na maturidade fisiológica, as membranas celulares geralmente apresentam a sua máxima organização (Abdul-Baki,1980). À medida que a semente seca durante a maturação, ocorrem alterações na integridade das membranas, num processo de desorganização estrutural temporário (Simon & Raja Harun, 1972), estando tanto mais desorganizadas quanto menor for seu o teor de água (Bewley, 1985). Segundo Heydecker (1974), as membranas celulares são as últimas a se organizarem durante o processo de maturação, no entanto, são as primeiras a apresentarem sinais de deterioração após alcançarem o estádio de maturidade fisiológica.

Quando sementes secas entram em contato com a água durante o processo de embebição, ocorre uma rápida e intensa lixiviação de eletrólitos

proporcional ao estado de desorganização das membranas, seguida de uma redução na perda de solutos, à medida que os tecidos são reidratados, até atingir um estado de equilíbrio (Simon & Raja Harun, 1972) que pode ser alcançado desde alguns minutos até 24 horas. Sá (1999), constatou, em sementes de tomate, que 75% do total de lixiviados obtidos ocorreram nas 6 primeiras horas de embebição. Sendo assim, sementes mais deterioradas ou danificadas liberam maiores quantidades de solutos durante a embebição refletindo o grau de desorganização de suas membranas e, consequentemente, sua qualidade fisiológica e vigor.

Durante a embebição, as membranas celulares se reestruturam e recuperam sua função de permeabilidade seletiva. Para Abdul-Baki (1980), a velocidade de reorganização do sistema de membrana das sementes reflete o seu vigor, pois, quanto menor for o período de reestruturação, menor será a perda de lixiviados para o meio externo. A capacidade de reorganização das membranas pela semente no início do processo de embebição influencia de forma direta a quantidade e a natureza dos solutos liberados para o meio externo (Simon & Raja Harun, 1972; Bewley & Black, 1994; Krzyzanowski et al., 1999), entre eles açúcares, aminoácidos e íons inorgânicos, etc. Essa capacidade de reorganização é maior em sementes consideradas de alto vigor, ou seja, menos deterioradas. A integridade das membranas celulares, determinada pelo grau de alterações bioquímicas deteriorativas e ou danos físicos, pode ser considerada como causa fundamental de diferenças no vigor de sementes (Powell, 1988).

O método utilizado para avaliar a qualidade fisiológica de sementes baseou-se, durante anos, na realização do teste de germinação. Os lotes de sementes possuem diferentes graus de deterioração e, pelo teste de germinação, avalia-se o estádio final desse processo (Krzyzanowski et al., 1999). Os testes de vigor são mais sensíveis que o teste de germinação na avaliação da qualidade fisiológica, pois qualquer evento metabólico que antecede a perda da

germinação pode servir como base para avaliar o vigor. Porém, quanto mais aquém da perda do poder germinativo estiver esse evento, mais sensível será o teste (Krzyzanowski et al., 1999).

Assim, como a deterioração começa pela degradação do sistema de membranas, os testes mais indicados para detectar diferenças sutis de vigor entre diferentes lotes são aqueles que avaliam a estrutura dessas membranas (Basra, 1995; Desai et al., 1997; Krzyzanowski et al., 1999), detectando o processo de deterioração das sementes em sua fase inicial (Vieira, 1994). Dentre estes testes, destaca-se o teste de condutividade elétrica, que avalia a qualidade das sementes por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes.

2.3 Condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica foi desenvolvido por Fick & Hibbard (1925), que associaram os baixos valores de germinação em sementes de capim timóteo à elevada liberação de solutos durante a embebição. O método foi aperfeiçoado por Matthews & Brandnock (1967), que estabeleceram uma metodologia para o teste em sementes de ervilha. Desde então, pesquisas sobre a condutividade elétrica em sementes de várias espécies têm sido realizadas para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes, destacando-se algodão, ervilha, milho, feijão e soja (Krzyzanowski et al., 1999).

O princípio do teste baseia-se no fato de que o vigor está diretamente relacionado com a integridade do sistema de membranas celulares, sendo classificado juntamente com o teste de tetrazólio, com um teste bioquímico, ou seja, o princípio do teste estabelece que sementes menos vigorosas (ou mais deterioradas) apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade

das membranas celulares durante a embebição e, em conseqüência, liberam maiores quantidades de solutos para o meio exterior (Marcos Filho, 2005).

Desse modo, quando as sementes são imersas em água durante o processo de embebição, ocorre a lixiviação de solutos citoplasmáticos no meio líquido, em intensidade proporcional ao estado de desorganização em que se encontram as membranas (Vieira, 1994). Dentre os lixiviados liberados na solução de embebição encontram-se açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos (K^+, Ca^{++}, Mg^{++}, e Na^+). Em análises realizadas na solução de embebição, verificou-se que o potássio é o maior constituinte dos eletrólitos lixiviados em ervilha (Matthews & Rogerson, 1976) e soja (Dias et al., 1996). Segundo Prete (1992), em sementes de café, grande parte da condutividade elétrica se deve à lixiviação de íons potássio. Para Queiroga & Parra (1989), o potássio foi o elemento inorgânico que mais contribuiu (95%) para o aumento da condutividade elétrica da solução procedente das sementes de girassol.

Os solutos liberados possuem propriedades eletrolíticas capazes de conduzir corrente elétrica que é medida por um aparelho condutivímetro. Esse aparelho monitora a quantidade de exsudatos das sementes liberados para o meio externo, constituindo-se em um importante método para avaliação da qualidade fisiológica de sementes (Hampton, 1995), pois detecta com rapidez as diferenças de qualidade entre lotes de germinação semelhante.

A relação entre grau de organização de membranas, quantidade de lixiviados, teor de água nas sementes e condutividade elétrica da solução de embebição permite relacionar o teste de condutividade elétrica com o vigor de sementes, sendo que maiores valores de condutividade indicariam sementes pouco vigorosas (Paiva Aguerro, 1995 e Fagioli, 1997) e os menores valores, correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicariam alto potencial

fisiológico (maior vigor), ou seja, menor intensidade de desorganização do sistema de membranas das células (Vieira et al., 2002).

Além disso, o teste de condutividade elétrica atende aos requisitos que um teste de vigor deve possuir, como, por exemplo: registrar índices de qualidade de sementes mais sensíveis que o teste de germinação; separar lotes de sementes em diferentes níveis de qualidade; ser rápido, objetivo, simples e econômico; ser reproduzível e interpretável e também deve se relacionar com a emergência em campo (Tekrony & Egli, 1977; Hampton & Coolbear, 1990).

A condutividade elétrica tem mostrado boa relação com a emergência das plântulas em campo e separação de lotes em diferentes níveis de qualidade (Dias, 1994), tanto que estes têm sido a maior razão para o seu emprego em pesquisa. Trata-se de um teste bastante promissor em termos de padronização, pois, de acordo com Powell (1998), o teste de condutividade elétrica satisfaz aos critérios para um teste de vigor, pois apresenta uma base teórica consistente, correlacionando-se bem com a emergência em campo e pode ser reproduzido. No entanto, a condutividade é afetada por inúmeros fatores, como: presença de sementes danificadas (Loeffler et al., 1988), tamanho da semente (Deswal & Sheoran, 1993), genótipo de uma mesma espécie (Panobianco & Vieira, 1996; Panobianco et al., 1999), grau de umidade (AOSA, 1983; Carvalho, 1994), período de embebição (Loeffler et al., 1988) e temperatura de embebição (Murphy & Noland, 1982.).

A avaliação da condutividade elétrica pode ser conduzida por dois sistemas: condutividade de massa (*bulk conductivity*) mais utilizada e pela avaliação da condutividade de cada semente, individualmente. É importante considerar que tanto o sistema de massa como o individual são de fácil padronização, pois são realizados em condições controladas de laboratório, apesar das diferenças pertinentes às espécies e cultivares.

2.4 Condutividade elétrica de massa

O teste de condutividade elétrica de massa é um método rápido e eficiente de determinação do vigor que consiste na quantificação dos eletrólitos liberados pela semente na água de embebição. sendo essa quantidade proporcional ao grau de desorganização da membrana plasmática e, consequentemente, à sua permeabilidade, podendo ser conduzido sem dificuldades em laboratórios de análise, sem grandes despesas com treinamento de pessoal e equipamentos.

A maioria das pesquisas com condutividade elétrica de massa foi desenvolvida com sementes de ervilha e, posteriormente, com sementes de soja. Recentemente, Costa (2003) demonstrou que a condutividade elétrica pelo método de massa foi eficiente na separação de lotes de sementes de café em diferentes níveis de qualidade. Atualmente, este é um, dos apenas dois testes de vigor incluídos nas Regras Internacionais para Análise de Sementes (ISTA, 2006).

Para a realização do teste, amostras com 50 sementes, previamente pesadas, são embebidas em 75 ml de água deionizada e mantidas em câmara tipo BOD à temperatura de 25°C. Após 24 horas, a condutividade elétrica da solução é avaliada usando-se condutivímetros. Esses aparelhos devem ser calibrados sempre que for iniciado um novo trabalho com uma solução de cloreto de potássio (KCl). Com essa solução, o aparelho deverá apresentar uma condutividade de 1408 $\mu S.cm^{-1}$ a 25°C.

O teste de condutividade elétrica de massa é tido como um dos testes de vigor mais promissores quanto à possibilidade de padronização da metodologia. Um fator de grande importância para essa padronização está relacionado aos períodos de embebição, pois estes influenciam, de forma direta, a avaliação da condutividade e têm como objetivo agilizar a obtenção de informações. O tempo

de embebição pode ser afetado por características morfológicas do tegumento da semente, como variações na capacidade de absorção, devido a forma, tamanho e função dos poros, material que constitui a epiderme do tegumento e ao grau de aderência da testa ao cotilédone (Powell, 1998).

O tempo de condicionamento na realização da condutividade elétrica de massa para espécies como ervilha, milho e soja é de 24 horas (Krzyzanowski et al., 1991; Krzyzanowski et al., 1999). Períodos mais curtos diferenciam lotes de sementes de soja com níveis extremos de vigor, no entanto, a sensibilidade na detecção de níveis de vigor mais próximos exige períodos mais longos de condicionamento (Loeffler et al., 1988). Entretanto, devido à necessidade de obtenção de respostas mais rápidas, tem-se tentado reduzir o tempo de embebição para leitura da condutividade elétrica de massa, havendo a possibilidade de redução desse período para avaliar a condutividade elétrica em sementes de amendoim (Ferreira, 1995; Vanzolini & Nakagawa, 2003) e sementes de soja (Dias & Marcos Filho, 1996).

Marcos Filho et al. (1990) concluíram que períodos mais curtos (4 e 8 horas) podem ser utilizados para identificação de diferenças mais acentuadas de vigor em sementes de soja, enquanto a embebição mais prolongada torna esse teste mais sensível às diferenças de vigor. Dias (1994), em estudo semelhante concluiu que este período deveria ser maior (8 e 12 horas) para apresentar resultados consistentes para soja. Albuquerque (2005) concluiu que o tempo de embebição das sementes de feijão em água por 12 horas é ideal para a avaliação da qualidade pelo teste de condutividade elétrica de massa. Vanzolini & Nakagawa (1999), estudando o efeito de diferentes temperaturas e tempos de embebição em lotes de sementes de amendoim, concluíram que a redução do período de embebição das sementes de 24 para 3 horas possibilitou diferenciar o lote de qualidade inferior independente da temperatura de embebição e que o

período de 3 horas, associado à temperatura de 40°C, possibilitou a diferenciação dos lotes.

O teor de água nas sementes no momento da instalação do teste, também é de extrema importância na realização da condutividade elétrica de massa, pois, observou-se que o teor de água de sementes de soja, no início do teste, deve se situar entre 11% e 17% (AOSA, 1983). Quando o teor de água se situa abaixo de 11%, o valor da condutividade elétrica aumenta significativamente (Loeffler et al., 1988). Quanto maior o teor de água, menor o valor de condutividade, reduzindo a saída de eletrólitos (Vazquez, 1995).

As temperaturas de embebição e de avaliação exercem efeito direto e significativo sobre os resultados da condutividade elétrica de massa, influenciando a quantidade e a velocidade da perda de lixiviados para a solução de embebição. Em sementes de soja, foram observados aumentos significativos de condutividade em função de aumento da temperatura de embebição (Tao, 1978; Loeffler et al., 1988). Esse efeito tem ocorrido na magnitude do valor de condutividade, porém, sem alterar a classificação dos lotes. O mesmo autor verificou que aumentos ou reduções de 5°C na temperatura de avaliação alteram significativamente os resultados da condutividade.

Outros fatores também exercem influência nos resultados de condutividade elétrica de massa e, dentre esses, podem-se citar a qualidade e o volume de água e também o tamanho do recipiente de embebição utilizado (Tao, 1978; Loeffler, 1988). A água da torneira, dependendo da fonte, pode apresentar condutividade superior a 250 $\mu S.cm^{-1}$. Logo, recomenda-se o uso de água destilada e ou deionizada, cuja condutividade não seja superior a 3-5 $\mu S.cm^{-1}$ (Vieira, 1994; Hampton & Tekrony, 1995).

O número de sementes e de repetições utilizado também afeta os resultados de condutividade elétrica de massa. Quanto menor o número de repetições e de sementes por repetição, maior é a variabilidade entre os

resultados (Loeffler et al., 1988). A recomendação é de 4 repetições de 50 sementes (Loeffler et al., 1988; Hampton et al., 1992; Vieira, 1994), pois menores coeficientes de variação foram obtidos quando foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes na determinação da condutividade elétrica de sementes de soja, feijão e feijão-mungo. Ribeiro (1999) afirma que repetições de 25 e de 50 sementes permitiram a diferenciação entre lotes de sementes de milho, independente do nível de qualidade das sementes. No entanto, Sá (1999) e Ribeiro (1999) recomendam o uso de 25 sementes para a condução do teste, devido à economia no tempo e no material empregado para o teste.

Genótipos distintos também geram diferenças nos resultados de condutividade elétrica. Trabalhos conduzidos com sementes de ervilha (Caliari & Marcos Filho, 1990), soja (Panobianco & Vieira, 1996), feijão (Hampton et al., 1992 e Sá, 1997) e milho (Bruggink et al., 1991) evidenciaram que as sementes de diferentes genótipos dessas espécies apresentaram valores diferentes de condutividade elétrica da solução de embebição, embora muitas vezes diferenças não fossem constatadas pela germinação e vigor avaliados por outros testes. A comparação da condutividade elétrica entre genótipos foi estudada por Kuo (1989), em sementes de soja. O autor observou a existência de variabilidade na permeabilidade do tegumento entre os genótipos estudados e que o teste de condutividade elétrica mostrou-se eficiente no monitoramento da diferença de permeabilidade do tegumento das sementes de diferentes genótipos. Albuquerque et al. (2001), utilizando quatro genótipos de girassol, avaliaram a qualidade das sementes pelo teste de condutividade de massa e verificaram um efeito do genótipo na avaliação dessa qualidade e que o teste de condutividade elétrica de massa foi pouco eficiente na avaliação desses genótipos.

Em alguns casos, as causas do insucesso do teste de condutividade têm sido atribuídas à influência do genótipo, associada a características do tegumento, o que ocasiona em liberação mais ou menos acentuada dos lixiviados

(Panobianco & Marcos Filho, 2001). Panobianco et al. (1999), mostraram que, em sementes de soja, o conteúdo de lignina presente no tegumento de sementes de soja, seria o fator responsável pelas diferenças de resultados evidenciadas por diferentes genótipos desta espécie. Brandão Jr. et al. (1997), utilizaram o teste de condutividade de massa na avaliação de sementes íntegras e destegumentadas de girassol e verificaram que os tratamentos com sementes destegumentadas, embebidas por 18 e 24 horas, apresentou maior eficiência para detectar diferenças de qualidade existentes entre os lotes.

A condutividade elétrica de massa é bastante empregada para avaliar o vigor de sementes de oleaginosas como soja, girassol e amendoim. Entretanto, existem poucos relatos de pesquisas com ênfase na condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona ou outras euforbiáceas. Segundo Santos (2004), o teste de condutividade elétrica em massa pode ser utilizado para a separação de lotes com capacidade germinativa semelhante em sementes de branquilho (*Sebastiania commersoniana*), uma espécie florestal pertencente à família Euphorbiaceae.

Num dos primeiros relatos do emprego da condutividade elétrica como teste de vigor em sementes, Thomas (1960), citado por Matthews & Powell, (2006) relacionou o desempenho do teste de solo (emergência) com a condutividade elétrica de massa em sementes de mamona embebidas em água. Fonseca et al. (2004), avaliando a qualidade de sementes de mamona da cultivar Guarany, utilizaram dentre outros métodos, a condutividade elétrica e observaram que a determinação do vigor por meio deste teste não evidenciou diferença entre os lotes estudados. Os autores justificaram esse resultado baseados no fato de que o tegumento das sementes de mamona mostrou resistência à entrada de água, não permitindo dessa forma a lixiviação de solutos.

Lima et al. (2005), verificaram que sementes de mamona da safra de 2003, absorveram mais água e tiveram maiores valores de condutividade elétrica quando comparadas às sementes da safra de 2004, demostrando serem mais deterioradas e que, quanto menor a absorção de água e condutividade elétrica, melhor a qualidade das sementes. Estudos mais detalhados sobre o teste de condutividade elétrica em sementes de mamona precisam ser realizados. Mas, sem dúvida, a condutividade elétrica de massa constitui uma importante opção para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes.

2.5 Condutividade elétrica individual

Uma alternativa metodológica para o teste de condutividade elétrica é aquela que avalia individualmente as sementes. A determinação da condutividade elétrica individual de sementes foi proposta por Steere et al. (1981), para avaliar a viabilidade de sementes. O método foi criado para corrigir problemas na realização do teste de condutividade em amostras com sementes danificadas ou duras, que apresentam variações na capacidade de lixiviação.

De modo geral, o princípio do teste de condutividade elétrica individual é o mesmo do sistema massal, bem como as preocupações com os fatores que influenciam os resultados. A diferença fundamental está no método de embebição e no aparelho utilizado para a realização das leituras. As sementes são colocadas para embebição em bandejas contendo 100 células individuais, nas quais são adicionados 4 ml de água deionizada. Após o período de embebição, é realizada leitura no analisador automático eletrônico que quantifica a corrente elétrica na água de embebição em cada célula, apresentando resultados de cada semente individualmente (Costa, 2003). O resultado depende da concentração de íons da solução, sendo expresso em microampères (μA), o que permite a identificação de sementes com algum tipo de injúria.

Existem vários modelos de analisadores automáticos tais como os denominados ASA (ASA-220, ASA-610, ASA-610S, ASAC-1000, ASAC-1000-S), G-2000 e o SAD 9000-S. O SAD 9000-S não realiza ajustes automáticos pelas diferenças de tamanho entre as 100 sementes analisadas, portanto, é indispensável à pesagem das sementes antes da análise, possibilitando a determinação da condutividade elétrica em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$.

Pelo teste de condutividade elétrica individual, a qualidade da semente pode ser avaliada por meio de dois parâmetros: viabilidade e vigor, os quais representam diferentes atributos da semente. Para Nakagawa (1999), a viabilidade determina se a semente é viável ou inviável; já o vigor representa atributos de qualidade fisiológica, não revelados no teste de germinação, sendo determinado sob condições de estresse ou medindo o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica. Estudos com ervilha, soja, algodão, feijão e milho evidenciam que a análise da condutividade individual de lixiviados de sementes pode indicar tanto viabilidade quanto vigor das sementes (Matthews & Powell, 2006).

Recomenda-se a utilização de um valor de condutividade denominado ponto de partição para estimar a viabilidade de cada espécie, ou seja, separar as sementes viáveis de sementes não viáveis (Hepburn et al., 1984; Dias & Marcos Filho, 1996), quando estas apresentarem condutividade abaixo ou acima desse ponto de partição, respectivamente. Esse valor de partição é determinado empiricamente de acordo com a espécie estudada.

O estabelecimento de pontos de partição, segundo Hamman et al. (2001), não propicia uma estimativa do nível de vigor da semente. Muitas sementes que emergiram tinham a mesma condutividade das sementes de todas as categorias não emergidas. Dessa maneira, a análise individual da condutividade elétrica serve de suporte ao estudo detalhado da performance da semente, ou da plântula a que deu origem, verificando o estádio do processo de deterioração na redução

do padrão de germinação da espécie. Hepburn et al. (1984), avaliando possíveis problemas com a utilização rotineira do teste de condutividade elétrica individual em sementes de soja e ervilha, constataram a necessidade de pesquisas, uma vez que o método não foi eficiente na diferenciação dos lotes em níveis de vigor e que a utilização de um único ponto de partição para as diferentes cultivares estudadas não foi ideal.

O alto custo, aliado à dificuldade de manutenção do aparelho, limita a utilização do teste de condutividade elétrica individual exclusivamente às pesquisas (Ribeiro, 1999). Para alguns autores, as possibilidades de uso como teste de vigor são muito mais efetivas para a condutividade de massa do que a individual, haja vista que a condutividade de massa já é recomendada como teste de vigor para sementes de ervilha e sugerida para sementes de soja (AOSA, 2002).

Segundo Ribeiro (1999), o teste de condutividade elétrica individual permitiu a diferenciação de lotes de sementes de milho não tratadas, com diferentes níveis de vigor e potencial de viabilidade, sendo este último melhor detectado no período de 24 horas de embebição. Em sementes de soja com diferentes níveis de vigor, Hamman et al. (2001) conseguiram a diferenciação de lotes tanto pelo sistema de massa como pelo individual. O método individual foi mais eficiente em relação ao método de condutividade em massa na separação de lotes de sementes de café (Costa, 2003), sendo o tempo de 96 horas de embebição o ideal para avaliação da qualidade de sementes de café sem pergaminho. Em sementes de girassol, a utilização da condutividade pelo sistema individual verificou que sementes embebidas por 18,5 horas apresentaram alta correlação com a porcentagem de emergência em campo (Anfinrud & Schneider, 1984). Para Albuquerque (2005), o teste de condutividade elétrica individual foi eficiente na distinção de lotes de feijão em diferentes níveis de qualidade fisiológica, independente da cultivar avaliada,

tendo o tempo de embebição das sementes em água por 12 horas sido ideal para a avaliação da qualidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, MG, no período de março de 2005 a dezembro de 2006. Foram utilizados 10 lotes comerciais de sementes de mamona de duas cultivares: IAC 80 e AL Guarany 2002 da safra 2005/2006. As sementes eram provenientes da mesma área de produção no município de Nepomuceno, MG , e foram colhidas e secas naturalmente em terreiro. Após a secagem, os lotes foram enviados ao laboratório, onde permaneceram armazenados em câmara fria e seca (10°C e 40%UR) até a realização das avaliações.

3.1 Caracterização dos lotes

Na caracterização dos lotes de sementes de mamona foram utilizados os testes e determinações descritos a seguir.

3.1.1 Determinação do teor de água

A determinação do teor de água foi efetuada pelo método de estufa a 105° ± 3°C por 24 horas (Brasil, 1992), utilizando-se 2 repetições de 20 sementes cortadas ao meio. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.1.2 Teste de germinação

Realizou-se o teste de germinação com 4 repetições de 50 sementes por lote. O substrato empregado foi papel toalha na forma de rolo, umedecido com

uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato. Os rolos foram mantidos em germinadores a 25°C. As contagens foram efetuadas aos 7 e 14 dias após a semeadura (Brasil,1992) e os resultados, expressos em porcentagem de plântulas normais. **Primeira contagem de germinação** - conduzida juntamente com o teste de germinação, consistindo no registro das porcentagens de plântulas normais no sétimo dia após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.1.3 Emergência

A emergência foi realizada com 4 repetições de 50 sementes por lote, em canteiros com mistura de terra e areia na proporção 2:1, a uma profundidade de 0,02m. A emergência das plântulas foi computada aos 21 dias após a semeadura, avaliando-se o número de plântulas emergidas. Os resultados foram expressos em porcentagem. **Estande inicial de emergência** - foi utilizada a mesma metodologia descrita anteriormente, tendo as avaliações do número de plântulas emergidas sido efetuadas aos 7 dias, após a semeadura. **Índice de velocidade de emergência (IVE) –** a partir do início da emergência, foram realizadas avaliações diárias, em que foram computados os números de plântulas emergidas. O cálculo do índice de velocidade de emergência foi realizado conforme a fórmula proposta por Maguire (1962).

3.1.4 Tetrazólio

Para o teste de tetrazólio, as sementes dos diferentes lotes de mamona foram embebidas em água a 30°C por 3 horas entre papel; o tegumento foi retirado e foram realizados cortes nas laterais dos embriões. Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes que foram imersas em solução de tetrazólio a 0,5% e

mantidas no escuro em BOD, a 30°C, por 6 horas (Oliveira et al., 2006). Os resultados foram expressos em porcentagens de sementes viáveis.

3.1.5 Avaliação de danos mecânicos

A avaliação foi realizada individualmente, com auxílio de uma lupa, adotando-se o critério de semente sem dano e semente com dano, tais como: presença de rachaduras no tegumento, ausência de carúncula, ausência do tegumento ou de parte do tegumento. Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes para cada lote e os resultados foram expressos em porcentagem.

3.1.6 Sanidade

O teste de sanidade foi conduzido pelo método de incubação em papel de filtro sem congelamento (Neergaard, 1979) com 8 repetições de 25 sementes por lote. As sementes foram distribuídas em placa de Petri de 15 cm de diâmetro contendo três folhas de papel filtro previamente esterilizadas e umedecidas em solução de 2,4-D. As sementes foram incubadas a 20°C ± 2°C, em câmara com fotoperiodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, durante sete dias. Para a identificação de patógenos presentes nas sementes, foram utilizados lupa estereoscópica e microscópio ótico. A incidência foi avaliada em porcentagem de fungos encontrados.

3.1.7 Curva de embebição

A curva de embebição foi realizada para estabelecer o padrão de embebição das sementes de mamona. As curvas de embebição foram elaboradas a partir de 3 repetições de 10 sementes, que foram colocadas para embeber em

copos plásticos contendo 150 ml de água destilada e acondicionadas em germinadores a 25°C. Nas seis primeiras horas, foram realizadas pesagens de hora em hora, quando as sementes eram removidas da água, secas superficialmente com papel absorvente e pesadas em balança de precisão. Posteriormente, essas medições foram realizadas de 2 em 2 horas, depois de 6 em 6, 12 em 12 e, por fim, de 24 em 24 horas, até que não fossem observadas alterações drásticas de peso. O período de 24 horas foi estipulado como sendo o valor de estabilidade da curva para ambas as cultivares e mais três valores (6, 12, 18 h), que foram testados para a determinação do tempo ideal para a embebição de sementes de mamona.

3.2 Condutividade elétrica de massa

O teste de condutividade elétrica de massa foi realizado com 4 repetições de 25 sementes. As sementes foram pesadas com precisão de duas casas decimais e colocadas para embeber em copos plásticos de 200 ml contendo 75 ml de água deionizada (<2,0 μmhos/cm de condutividade). Em seguida foram mantidas em BOD, à temperatura constante de 25°C, onde permaneceram por diferentes períodos de embebição: 6, 12, 18 e 24 horas, consecutivamente. Decorrido o tempo de condicionamento, a condutividade elétrica da solução foi medida por meio de leitura em um aparelho condutivímetro da marca Digimed, modelo CD-21, com resultados expressos em $\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$.

3.3 Lixiviação de potássio

Após a leitura da condutividade elétrica de massa, as sementes foram descartadas e a solução de embebição, após 24 horas, acondicionada em

recipientes plásticos. A determinação de potássio foi realizada empregando-se a fotometria de chama e os resultados foram expressos em ppm/g de semente.

3.4 Condutividade elétrica individual

Foi utilizado o analisador automático de sementes SAD 9000-S, que determina a condutividade elétrica da solução de eletrólitos lixiviados das sementes, individualmente. Foram analisadas 4 repetições de 50 sementes por lote, que foram colocadas, de forma individual, em bandejas com 100 células contendo água deionizada. A seguir, as bandejas foram dispostas em germinadores, à temperatura constante de 25°C, por quatro períodos de embebição: 6, 12, 18 e 24 horas consecutivamente.

3.5 Determinação do ponto de partição

Para determinar os valores de ponto de partição para sementes de mamona, necessários para avaliação da viabilidade pelo teste de condutividade elétrica individual, imediatamente após a leitura do valor de condutividade elétrica, cada semente foi identificada. As sementes foram submetidas ao teste de germinação e, ao final do teste, cada uma foi classificada em categorias de acordo com o tipo de estrutura a que deu origem: plântula normal, plântula anormal, semente dormente ou semente morta e, posteriormente, comparadas com o valor de condutividade elétrica individual obtido. Pela análise dos gráficos “box-plot” permitiu-se a visualização das classificações das sementes em cada categoria.

3.6 Delineamento experimental

Os resultados dos testes de germinação e primeira contagem, dano mecânico, emergência, estande inicial, índice de velocidade de emergência, condutividade elétrica em massa e lixiviação de potássio foram analisados segundo delineamento inteiramente casualizado, para cada cultivar separadamente. Para a condutividade elétrica individual foi adotada a análise em blocos casualizados. Os dados de condutividade elétrica em massa e lixiviação de potássio da cultivar IAC 80 foram transformados em 1/y (transformação recíproca). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para a determinação do ponto de partição, a análise foi realizada pelos gráficos box-blot. Esses gráficos são representados por uma caixa, na qual as extremidades são quartos superiores e inferiores (maior e menor valor dos dados), um ponto central (média), a mediana (linha que corta a caixa, ou seja, 50% dos dados), limites superiores e inferiores (75% e 25% dos dados avaliados) e pontos discrepantes (outliers). Também foram calculados os coeficientes de correlação para todas as combinações entre os testes de condutividade (de massa e individual) e os demais testes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos lotes

Os valores médios referentes ao teor de água das sementes (Tabela 1) foram de 7,8% para a cultivar IAC 80 e 6,5% para a cultivar AL Guarany 2002. O teor de água nas sementes é um dos fatores que afetam os resultados do teste de condutividade elétrica e a sua uniformização é indicada para minimizar seu efeito sobre os resultados do teste (Krzyzanowski et al., 1991). No entanto, lotes com diferentes níveis de qualidade mantêm seu equilíbrio higroscópico em teores de água diferenciados. Esses resultados foram observados em relação aos lotes 1 e 3 da cultivar IAC 80, que apresentaram maior teor de água e qualidade fisiológica inferior à dos demais.

A análise da germinação das sementes da cultivar IAC 80 evidenciou que todos os lotes apresentaram baixa germinação, mas com diferentes níveis de vigor. A baixa germinação pode ser atribuída tanto à qualidade fisiológica inferior das sementes como também à presença de patógenos. Os lotes 1 e 3 foram considerados como os de pior qualidade fisiológica e o lote 4 como o melhor qualidade.

Diferenças no comportamento de lotes com germinação semelhante estão associadas ao fato de que os primeiros sinais de deterioração ocorrem antes da perda da capacidade germinativa (Delouche & Baskin, 1973), que é um importante indicador de perda da viabilidade, porém, é o último parâmetro observado antes da morte da semente.

TABELA 1. Valores médios (%) dos resultados da determinação do teor de água (U), teste de germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), estande inicial de emergência (EI), emergência (E), tetrazólio (TZ), dano mecânico (DM) e o índice de velocidade de emergência (IVE), dos lotes da cultivar IAC 80 e AL Guarany 2002. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Lote	TESTES							
		U	**G**	**PC**	**EI**	**E**	**IVE**	**TZ**	**DM**
IAC 80	**1**	8,8	7 b	4 b	1 b	23 c	0,764 c	12 b	1 a
	2	7,3	55 a	10 b	0 b	52 b	1,737 b	36 a	0 a
	3	8,1	22 b	13 b	1 b	51 b	1,788 b	37 a	3 b
	4	7,7	59 a	27 a	7 a	81 a	2,988 a	45 a	4 b
	5	7,4	58 a	31 a	1 b	58 b	1,961 b	45 a	3 b
CV (%)			36,82	47,18	78,57	16,67	16,03	30,42	50,60
AL GUARANY 2002	**1**	6,1	84 a	72 b	18 a	84 b	4,363 b	49 b	3 a
	2	6,7	94 a	87 a	16 a	87 b	4,479 b	60 b	3 a
	3	7,0	87 a	81 a	30 a	90 a	5,241 a	71 a	4 a
	4	6,7	90 a	82 a	33 a	91 a	5,342 a	71 a	5 a
	5	6,2	95 a	87 a	32 a	90 a	5,387 a	78 a	7 a
CV (%)			6,29	7,48	49,57	3,57	7,45	19,68	42,37

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Assim como na germinação, os resultados da primeira contagem de germinação, estande inicial, emergência, índice de velocidade de emergência e tetrazólio, destacaram o lote 4 como sendo de qualidade fisiológica superior.

Observou-se uma menor incidência de dano mecânico nos lotes de qualidade inferior (lotes 1 e 2), uma vez que as sementes desses lotes se apresentavam aparentemente imaturas e o tegumento das sementes se apresentava bastante aderido ao endosperma, sem a característica quebradiça comum às sementes da espécie.

Para a cultivar AL Guarany 2002, os lotes não diferiram entre si em sua germinação. A classificação do lote 1 como de pior qualidade foi obtida pelos testes de primeira contagem de germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e tetrazólio, embora tenha sido acompanhado pelo lote 2 em alguns destes testes. Os lotes 3, 4 e 5 foram considerados de qualidade superior em todos os testes realizados. Também não houve diferença na classificação dos lotes em relação ao percentual de dano mecânico.

Os testes de vigor, como primeira contagem de germinação, estande inicial, emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência e tetrazólio, foram mais sensíveis ao avaliar a qualidade das sementes dos diferentes lotes estudados. Isso porque eles permitiram inferir numa avaliação mais nítida da qualidade fisiológica, fornecendo maiores subsídios para a separação desses lotes em diferentes níveis de vigor, quando comparou-se os resultados destes testes com os de germinação.

Pelos resultados médios da incidência de fungos encontrados nas sementes de mamona (Tabela 2), observou-se um maior percentual de contaminação pelos fungos dos gêneros *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. *e Fusarium* ssp., com maior destaque para *Aspergillus flavus*, em todos os lotes estudados. Geralmente, as espécies de *Aspergillus* ssp. depreciam a qualidade das sementes durante o armazenamento, causando reduções ou perda da capacidade germinativa, descoloração, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes, culminando com o aumento da velocidade de deterioração (Machado, 1988).

É importante destacar a alta incidência de *Fusarium* sp. no lote 3 da cultivar IAC 80. A presença deste patógeno associado às sementes causa sérios danos à cultura da mamoneira, pois provoca "*dumping off*" (tombamento) em cerca de 40% das plântulas no campo, que se apresentam com lesões nas raízes, no caule e nos cotilédones. Zarela et al. (2004) detectaram o gênero *Fusarium* em maior freqüência em sementes de seis cultivares de mamona estudadas, dentre elas, a cultivar IAC 80.

TABELA 2. Incidência média (%) de fungos encontrados nas sementes de mamona das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002, em diferentes lotes. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Lote	FUNGOS					
		Rhizopus	*A. flavus*	*A. craceus*	*A. niger*	*Fusarium*	*Penicilium*
IAC 80	**1**	2	82	6	18	3	4
	2	-	93	19	14	8	88
	3	-	94	20	4	55	68
	4	-	100	24	23	3	14
	5	2	93	11	5	2	4
AL GUARANY 2002	**1**	21	33	16	23	15	2
	2	12	30	12	26	18	8
	3	12	40	6	28	18	0
	4	9	27	14	37	19	34
	5	7	19	14	20	7	19

A velocidade com que as sementes que compõem cada lote embebem água foi caracterizada pela curva de embebição. Nas Figuras 1 e 2 está ilustrada a curva de embebição de cada um dos lotes das cultivares estudadas, a qual seguiu a mesma tendência para todos, conforme o modelo proposto por Bewley & Black (1994).

As sementes atingiram a fase I da germinação após 24 horas, período em que a velocidade de embebição e o ganho de peso são bastante rápidos. Todos os lotes da cultivar IAC 80 tiveram elevada absorção de água, visto que sementes menos vigorosas embebem mais e em maior velocidade que as sementes menos deterioradas. Consequentemente, a perda de eletrólitos varia na mesma proporção, devido ao elevado nível de deterioração e ao maior tempo requerido para a reparação da capacidade seletiva do sistema de membranas (Desai et al., 1997; Krzyzanowski et al., 1999).

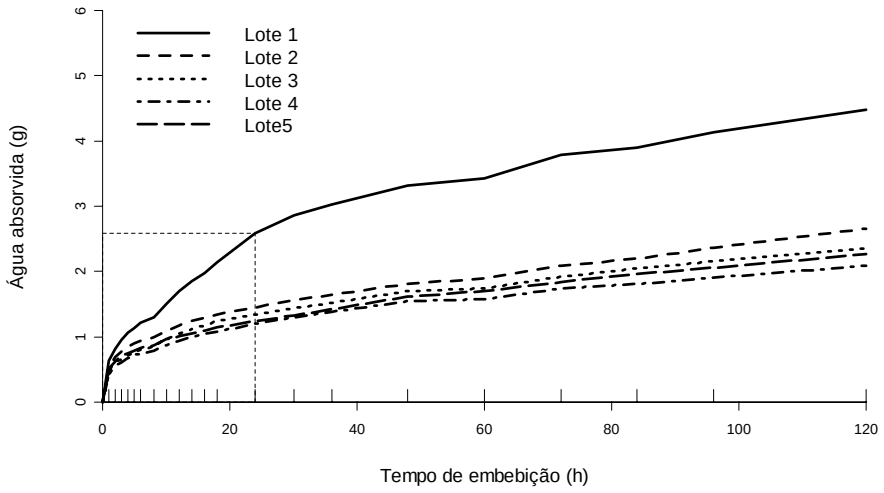

FIGURA 1. Curva de embebição das sementes de cinco lotes da cultivar IAC 80, baseada no ganho de peso (g) em água ao longo do tempo (h). UFLA, Lavras, MG, 2007.

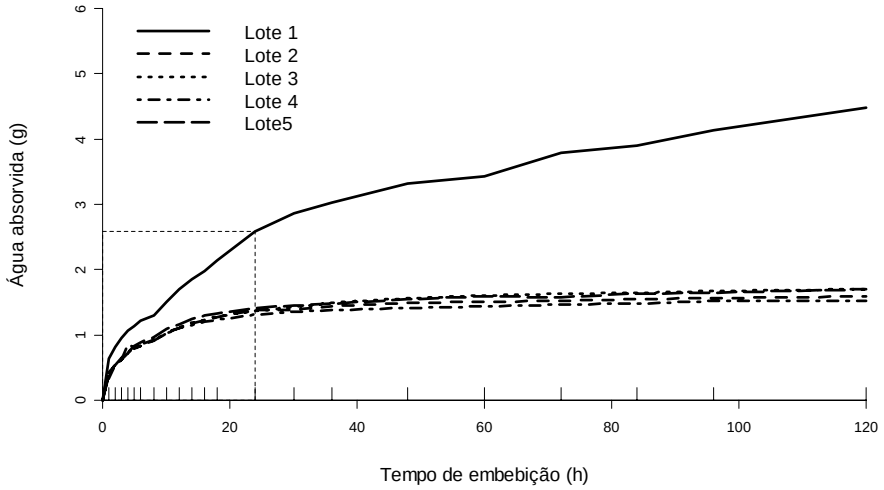

FIGURA 2. Curva de embebição das sementes de cinco lotes da cultivar AL Guarany 2002, baseada no ganho de peso (g) em água ao longo do tempo (h). UFLA, Lavras, MG, 2007.

4.2 Condutividade elétrica de massa

Para a cultivar IAC 80, verificou-se uma intensa lixiviação de eletrólitos logo no início do teste, sendo mais evidente no lote 1, que foi classificado pelos demais testes como de qualidade inferior. O teste de condutividade elétrica de massa evidenciou a superioridade do lote 4 em relação aos demais em todas as avaliações. Os lotes 2, 3 e 5 foram considerados de qualidade intermediária (Tabela 3).

TABELA 3. Valores médios ($\mu S.cm^{-1}.g^{-1}$) de condutividade elétrica de massa e lixiviação de K^+ (ppm/g), para sementes dos lotes das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002, em cada período de pré-condicionamento. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Lote	Períodos de embebição (h)				Lixiviação de K^+
		6	12	18	24	
IAC 80	1	145,61 d	153,82 d	172,20 d	186,13 c	99,45 a
	2	85,60 c	100,08 c	116,52 c	128,18 b	179,42 b
	3	69,80 b	73,41 b	85,14 b	95,28 a	100,47 a
	4	62,64 a	67,26 a	75,29 a	83,85 a	93,90 a
	5	67,60 b	74,63 b	88,55 b	97,13 b	94,20 a
CV(%)		6,11	7,11	7,94	11,63	5,12
AL GUARANY 2002	1	41,75 b	50,24 b	61,58 a	75,35 b	68,00 a
	2	31,56 a	42,10 a	53,93 a	62,66 a	56,70 a
	3	30,12 a	40,83 a	50,46 a	60,44 a	61,77 a
	4	33,44 a	42,70 a	55,10 a	62,81 a	60,00 a
	5	32,74 a	41,78 a	55,47 a	61,70 a	58,97 a
CV(%)		8,99	5,82	8,28	6,82	8,71

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Ocorreram algumas variações na classificação dos lotes de IAC 80 quando compararam-se os dados de condutividade elétrica de massa com a germinação e os testes de vigor utilizados para a caracterização do perfil dos lotes. Porém, todos os testes destacaram o lote 4 como sendo de melhor desempenho e o lote 1 como o pior.

Nas primeiras seis horas de embebição, já foi possível distinguir os lotes em diferentes níveis de vigor. Não houve alteração na classificação, quanto aos níveis de qualidade dos lotes até 18 horas de embebição; após esse período, uma pequena alteração nessa classificação foi observada. Segundo Loeffler, Tekrony & Egli, (1988) lotes que apresentam diferenças de vigor menos acentuadas precisam de períodos mais longos de condicionamento para que a diferença de qualidade entre os lotes seja detectada. A lixiviação de íons K^+ foi avaliada após a medição da condutividade da solução e foi possível observar maior lixiviação das sementes do lote 2.

Para a cultivar AL Guarany 2002, verificou-se que a maioria dos tratamentos, com exceção do período de 18 horas de embebição, proporcionou a mesma tendência na separação dos lotes, em dois níveis de qualidade. No período de 18 horas, não houve distinção em relação ao potencial fisiológico dos lotes. A maioria das avaliações identificou o lote 1 como o de pior qualidade. Os demais lotes apresentaram baixos valores de condutividade elétrica, portanto, foram considerados como mais vigorosos. Pelos resultados do teste de lixiviação de K^+ não foi possível detectar diferenças significativas entre os lotes desta cultivar, embora haja uma tendência dos dados em classificar o lote 1 como de pior qualidade por apresentar maior lixiviação de eletrólitos.

Várias pesquisas têm revelado que a queda na germinação e no vigor em sementes de diferentes espécies é diretamente proporcional ao aumento da lixiviação de eletrólitos na solução de embebição, indicando que a condutividade

elétrica é um método eficiente para a avaliação do vigor (Dias & Marcos Filho, 1996).

Houve um aumento gradativo nos valores de condutividade elétrica com o decorrer do teste, para ambas as cultivares. Verificou-se que, a partir de 6 horas de embebição já foi possível separar os lotes das duas cultivares em diferentes níveis de vigor, com redução significativa no período de embebição das sementes, em relação ao período de 24 horas, adotado pela pesquisa como padrão para testes de condutividade elétrica para ervilha e soja (Hampton & Tekrony, 1995; Krzyzanowski et al., 1999). Em sementes de amendoim, Vanzolini & Nakagawa (1999) observaram que o tempo de embebição de 3 horas foi suficiente para a separação dos lotes em relação à qualidade.

De modo geral, o método de condutividade elétrica de massa na separação dos níveis de qualidade fisiológica em sementes de mamona foi eficiente, tanto para a cultivar IAC 80 quanto para AL Guarany 2002, pois os resultados foram semelhantes aos dos testes convencionais.

4.3 Condutividade elétrica individual

Os resultados do teste de condutividade elétrica individual relativos aos lotes das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002 estão apresentados na Tabela 4.

Foram observadas algumas variações na ordem de classificação dos lotes da cultivar IAC 80 em relação ao vigor, durante os períodos de embebição. Entretanto, a classificação dos lotes 1 e 2 como de pior vigor e o lote 4 como o mais vigoroso, já nas primeiras 6 horas de condicionamento, corresponde aos resultados obtidos pelos demais testes, inclusive a condutividade elétrica de massa.

TABELA 4. Valores médios (μS/cm) de condutividade elétrica individual para as sementes dos lotes das cultivares IAC 80 e AL Guarany 2002, em cada período de pré-condicionamento. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Cultivar	Lote	Período de embebição (h)			
		6	12	18	24
IAC 80	1	344,92 d	357,92 e	367,51 d	382,36 d
	2	302,75 c	316,73 d	333,67 c	363,49 c
	3	258,98 b	271,50 b	294,77 b	314,49 a
	4	230,33 a	248,91 a	273,77 a	302,99 a
	5	266,27 b	285,54 c	301,23 b	326,22 b
CV (%)		2,89	2,72	4,76	2,51
AL Guarany 2002	1	191,91 d	206,83 c	250,13 c	308,22 c
	2	174,52 c	195,59 b	232,33 b	278,55 b
	3	144,15 a	171,75 a	211,50 a	259,56 a
	4	163,36 b	191,36 b	224,82 b	269,86 b
	5	188,07 d	213,53 c	255,77 c	306,20 c
CV (%)		4,17	2,80	3,21	3,08

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Pelos resultados do teste de condutividade elétrica individual para a cultivar AL Guarany 2002, a separação dos lotes foi possível logo após 6 horas de embebição. Após este período, não houve alteração na classificação dos lotes nos demais tempos de avaliação. O lote 3 se destacou, pelo método individual, como o mais vigoroso entre os demais, fato não verificado com a condutividade

elétrica de massa, na qual esse lote foi considerado de potencial fisiológico semelhante ao dos lotes 2, 4 e 5. Como nos demais resultados, a classificação do lote 1 como o de pior qualidade prevaleceu, porém, o lote 5 também se destacou com altos valores de condutividade, ou seja, nesta avaliação, esse lote também foi considerado de qualidade inferior.

Apesar de ter sido mais sensível em agrupar os lotes de sementes de mamona em mais níveis diferentes de qualidade, o método de condutividade elétrica individual não possibilitou caracterizar de maneira eficiente os lotes, pois ocorreram muitas variações entre os resultados deste teste e os dos demais testes convencionais, principalmente para a cultivar AL Guarany 2002. Dias & Marcos Filho (1996) concluíram que a condutividade elétrica individual não forneceu informações consistentes sobre o potencial relativo dos lotes, apresentando eficiência variável de acordo com a cultivar de soja estudada.

É interessante acrescentar que as sementes foram armazenadas em câmara fria antes da realização dos testes e, conforme relato de Vieira et al. (2001), o teste de condutividade elétrica em sementes de soja não separou os lotes em diferentes níveis de qualidade, uma vez que, à temperatura de 10°C, os danos causados às membranas segundo os autores, não ocorrem na mesma intensidade que no armazenamento à temperatura de 20°-25°C. Talvez este fato possa ter influenciado na avaliação da condutividade elétrica de massa, embora antes da realização dos dois métodos, o procedimento de retirada das sementes da câmara fria 24 horas antes do início dos testes tenha sido o mesmo para ambos.

4.4 Determinação do ponto de partição

Com os resultados da condutividade elétrica individual e do teste de germinação realizado para a determinação dos valores de ponto de partição, foi

observado para a cultivar IAC 80 (Figura 3), que as sementes que originaram plântulas normais tiveram valores de condutividade bastante altos, além de grande variabilidade. Todas as categorias apresentaram altos valores de condutividade.

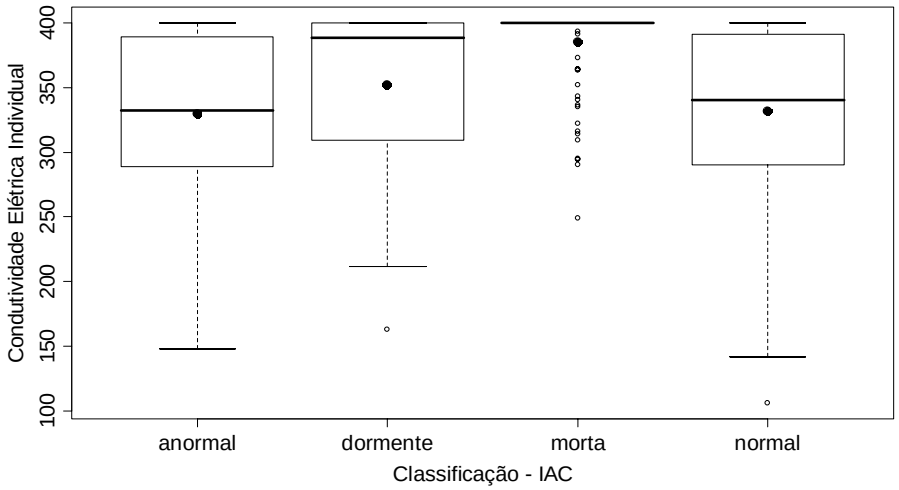

FIGURA 3. Análise de box-plot para condutividade elétrica individual (μS/cm), nas diferentes classificações para cultivar IAC 80. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Devido, provavelmente, à contaminação por fungos, foram observadas sementes que apresentaram baixos valores de condutividade que originaram plântulas anormais. Para sementes mortas, observou-se um número elevado de valores discrepantes, não sendo possível determinar o ponto de partição para essa cultivar. As sementes consideradas dormentes embeberam e não germinaram e, ao final do teste de germinação, foram cortadas para verificação e apresentaram tecido firme, sem sinais de deterioração aparente.

O período de 24 horas de embebição para sementes deterioradas como as da cultivar IAC 80, pode ter sido excessivo e ter causado danos de embebição à estas sementes. Danos de embebição são resultantes da rápida absorção de água pelos cotilédones durante o processo de embebição, levando à morte da célula e à alta lixiviação de solutos das sementes (Powell & Matthews, 1978).

De acordo com Matthews & Powell (2006), a lixiviação de solutos das sementes é a primeira conseqüência das duas maiores causas de redução no vigor entre lotes, que são a deterioração e os danos de embebição, os quais interagem entre si, pois sementes mais deterioradas são mais susceptíveis ao dano de embebição e, consequentemente, ao aumento de lixiviados na água de embebição.

Observou-se, na cultivar AL Guarany 2002, variabilidade em todas as categorias. As sementes que deram origem a plântulas normais também apresentaram altos valores de condutividade elétrica, porém, houve variação nesta categoria. O ponto de partição para essa cultivar também não pôde ser determinado, conforme a Figura 4.

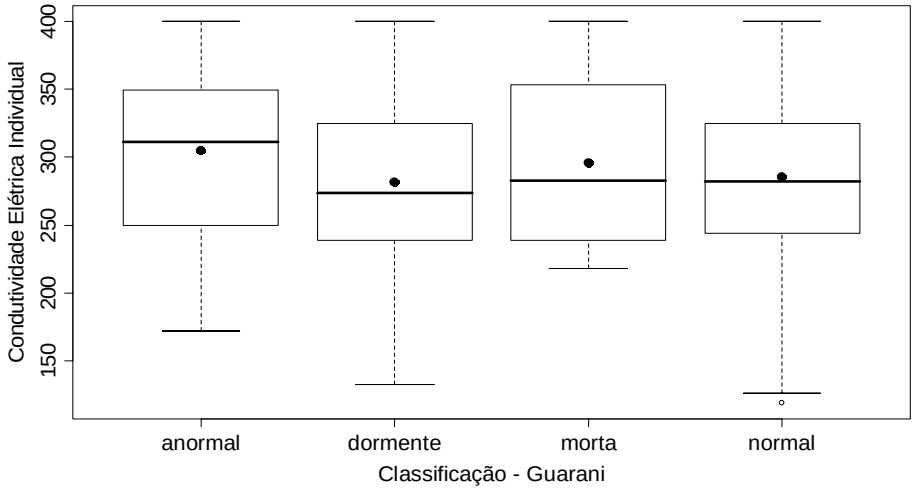

FIGURA 4. Análise de box-plot para condutividade elétrica individual (μS/cm), nas diferentes classificações para cultivar AL Guarany 2002. UFLA, Lavras, MG, 2007.

De acordo com Hammam et al. (2001), o estabelecimento de pontos de partição não propicia uma estimativa do nível de viabilidade da semente. Isso porque estes autores verificaram que sementes germinadas tinham o mesmo valor de condutividade de todas as categorias não germinadas. Este fato também foi observado para as sementes de mamona das cultivares estudadas. Segundo os mesmos autores, as informações sobre os níveis de qualidade das sementes, obtidos pela condutividade elétrica individual não podem ser usadas para predizer sua performance, havendo necessidade de correlacionar esses resultados aos do teste de germinação.

4.5 Estudo de correlação entre os testes de condutividade elétrica (massa e individual) e os demais testes

As correlações entre os dados da condutividade elétrica de massa e os testes convencionais foram determinadas para cada tempo de embebição (6, 12, 18 e 24 horas) e estão descritos na Tabela 5.

TABELA 5. Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica de massa e os demais testes convencionais: primeira contagem (PC), germinação (G), estande inicial de emergência (EI), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), tetrazólio (TZ), dano mecânico (DM) e lixiviação de potássio (LP). UFLA, Lavras, MG, 2007.

Testes	**IAC 80**				**AL Guarany 2002**			
	6h	**12h**	**18h**	**24h**	**6h**	**12h**	**18h**	**24h**
PC	-0,61*	-0,63*	-0,64*	-0,64*	-0,31	-0,32	-0,12	-0,34
G	-0,62*	-0,56*	-0,54*	-0,53*	-0,08	-0,15	0,01	-0,11
EI	-0,36	-0,38	-0,41	-0,43*	-0,22	-0,24	-0,17	-0,26
E	-0,82	-0,81	-0,82	-0,82	-0,40	-0,50*	-0,27	-0,53*
IVE	-0,80	-0,80	-0,81	-0,81	-0,42	-0,53*	-0,35	-0,51*
TZ	-0,74*	-0,71*	-0,68*	-0,69*	-0,29	-0,28	-0,17	-0,25
DM	-0,50*	-0,54*	-0,55*	-0,54*	-0,18	-0,20	0,12	-0,20
LP	0,03	0,15	0,18	0,20	0,76	0,81	0,64	0,79

Para a cultivar IAC 80, os valores de condutividade se correlacionaram negativa e significativamente com os testes de primeira contagem, germinação, tetrazólio e dano mecânico, em todos os períodos de embebição. No período de 24 horas, os valores de condutividade se correlacionaram de forma negativa e

significativa com o estande inicial. Não houve correlação entre condutividade elétrica de massa e os testes de emergência, índice de velocidade de emergência e lixiviação de potássio.

Já para a cultivar AL Guarany 2002 houve correlação negativa e significativa com os testes de emergência e índice de velocidade de emergência nos períodos de 12 e 24 horas de condicionamento. Esses resultados indicam que estes testes propiciaram classificações semelhantes dos lotes. Não houve correlação com os demais testes.

A análise da correlação entre o teste os dados obtidos no teste de condutividade elétrica individual e os demais testes, para as duas cultivares estudadas, pode ser observada na Tabela 6.

TABELA 6. Coeficientes de correlação entre os dados obtidos pelo teste de condutividade elétrica individual e os demais testes convencionais: primeira contagem (PC), germinação (G), estande inicial de emergência (EI), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), tetrazólio (TZ), dano mecânico (DM) e lixiviação de potássio (LP). UFLA, Lavras, MG, 2007.

Testes	**IAC 80**				**AL Guarany 2002**			
	6h	**12h**	**18h**	**24h**	**6h**	**12h**	**18h**	**24h**
PC	-0,57*	-0,53*	-0,48*	-0,56*	-0,13	0,06	0,09	0,00
G	-0,50*	-0,44*	-0,38	-0,38	0,14	0,30	0,16	0,12
EI	-0,58*	-0,61*	-0,52*	-0,55*	-0,21	-0,18	0,11	0,04
E	-0,81	-0,82	-0,70*	-0,74*	-0,29	-0,22	-0,27	-0,30
IVE	-0,82	-0,84	-0,73*	-0,76	-0,31	-0,21	-0,04	-0,15
TZ	-0,66*	-0,73*	-0,62*	-0,65*	-0,34	-0,24	-0,34	-0,34
DM	-0,70*	-0,68*	-0,52*	-0,68*	0,09	0,24	0,06	0,04
LP	0,27	0,30	0,30	0,43	0,33	0,20	0,13	0,34

Os dados relativos à cultivar IAC 80 se correlacionaram de forma negativa e significativa com primeira contagem, estande inicial, tetrazólio e dano mecânico em todos os tempos de embebição. A germinação apresentou associação com a condutividade elétrica individual nos tempos de 6 e 12 horas. A emergência se correlacionou com os valores de condutividade individual nos tempos de condicionamento de 18 e 24 horas e o índice de velocidade de emergência apresentou correlação apenas com o período de 18 horas. A lixiviação de potássio também não se correlacionou com os valores da condutividade elétrica individual.

Não houve correlação significativa entre os dados do teste de condutividade elétrica individual dos lotes da cultivar AL Guarany 2002 e os demais testes convencionais para avaliação da qualidade. A correlação nem sempre é a análise mais indicada, uma vez que dados que avaliam a permeabilidade das membranas nem sempre se correlacionam com dados obtidos em testes de germinação ou mesmo de vigor.

5 CONCLUSÕES

- O teste de condutividade elétrica de massa é eficiente em detectar diferenças na qualidade de lotes de sementes de mamona.

- O período de 6 horas de embebição é indicado para a realização do teste de condutividade elétrica de massa para diferenciação de lotes de sementes de mamona.

- O teste de condutividade elétrica individual não é adequado para a avaliação da qualidade em sementes de mamona.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-BAKI, A. A. Biochemical aspects of seed vigour. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p. 765-771, Dec. 1980.

ALBUQUERQUE, A. D. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica em sementes de feijão**. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Lavras, MG.

ALBUQUERQUE, M. C. F. E.; MORO, F. V.; FAGIOLI, M.; RIBEIRO, M. C. Teste de condutividade elétrica e lixiviação de potássio na avaliação de sementes de girassol**. Revista Brasileira de Sementes,** Brasília, v. 23, n. 1, p. 1-8, 2001.

ANDRADE, R. V.; BORBA, C. S. Fatores que afetam a qualidade das sementes. In: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Tecnologia para produção de sementes de milho.** Sete Lagoas, 1993. p. 7-10. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica 19).

ANFINRUD, M. N.; SCHNEITER, A. A. Relatonship of sunflower germinator and vigor tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 2, p. 341-344, Mar./Apr. 1984.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed Vigor Testing Handbook**. Lincoln: AOSA, 2002. 105 p. (Contribution, 32).

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing handbook**. AOSA. 1983. 93 p. (Contribution, 32).

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA,F. A. S.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, J. J.; VIEIRA, R. de M.; MOREIRA, J. de A. N. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira *(Ricinus communis* L.) no nordeste do Brasil.** Campina Grande: EMBRAPA – CNPA, 1997. 52 p. (EMBRAPA-CNPA. Circular técnica, 25).

BASRA, A. S. **Seed quality:** basic mechanisms and agricultural implications. New York, 1995. 389 p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA,L. C. Os múltiplos usos do óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância de seu cultivo no Brasil. **Fibras e Óleos,** Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA,L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA,D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA,E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasilia: Embrapa Informação tecnológica, 2001. p. 37-61.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relatio to germination**. New York: Plenum Press, 1985. 367 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum press, 1994. 445 p.

BRANDÃO Jr., D. S.; RIBEIRO, D. C. A.; BERNARDINO FILHO, J. R.; VIEIRA, M. G. G. C. Adequação do teste de condutividade elétrica para determinar a qualidade fisiológica de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 184, jul./ago. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes.** Brasília: SND/CLAV,1992. 365 p.

BRUGGINK, H.; URAAK, H. L.; DUKEMA, M. H. G. E.; BEKENDAM, J. Some factors influening electrolyte from maize (Zea mays L.) Kemels. **Seed Science Research**, Zurich, v. 1, n. 1, p. 15-20, Mar. 1991.

CALIARI, M. F.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L). **Revista Brasileira de Semente**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 52-75, 1990.

CARVALHO, M. L. M.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Controle de qualidade na produção de semente. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 52-58, maio/jun. 2006.

CARVALHO, N. M. O conceito de vigor em sementes. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 1. 30.

COSTA, P. S. C. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea arabica* L.)**. 2003. 81 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DELOUCHE, J. C. **Pesquisa em sementes no Brasil**. Brasília: AGIPLAN/MA, 1975. 69 p.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techiniques for predicting the relative storability seed lots. **Seed Science and Technology,** Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-252, 1973.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook**. New York, 1997. 627 p.

DESWAL, D. P.; SHEORAN, I. S. A simple method for seed leakage measurement: applicable to single seeds of any size. **Seed Science and Technology,** Zurich, v. 21, n. 1, p. 179-185, 1993.

DIAS, D. C. F. S. **Testes de condutividade elétrica e de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merril).** 1994. 136 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merril). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, jan./abr. 1996.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J.; CARMELO, Q. A. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybeans seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n. 1, p. 7-18, 1996.

ELLIS, R. H. Seed storage in national centers. In: IRRI (Manila, Filipinas). **Rice germplasm collecting, preservation, use.** Manila, 1991. p. 81-85.

FAGIOLI, M**. Relação entre a condutividade elétrica de sementes e a emergência de plântulas de milho em campo.** 1997. 74 p. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP

FERREIRA, M. R. **Estudos de períodos de embebição no teste de condutividade elétrica e de exposição no envelhecimento acelerado para sementes de amendoim.** 1995. 38f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1995.

FICK, G. L.; HIBBARD, R. P. A method for determining seed viability by electrical conductivity measurements. **Michigan Academy Science Arts and Letters**, Ann Arbor, v. 5, p. 95-103, 1925.

FONSECA, N. R.; MYCZKOWSKI, M. L.; PRIOR, M.; SÁ, R. O.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; ZANOTTO, M. D. Testes de avaliação da viabilidade e do vigor de sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-Algodão, 2004. v. 1, p. 52-57.

HAMMAN, B.; HALMAJAN, H.; EGLI, D. B. Single seed conductivity and seedling emergence in soybean. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 575-586, 2001.

HAMPTON, F. G.; COOLBEAR, P. Potencial versus actual seed performance. Can vigor testing provide an answer? **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 18, n. 2, p. 215-228, 1990.

HAMPTON, J. C. Condutivity test. In: SEED VIGOUR TESTING SEMINAR, 1995, Copenhagen, Denmark. **Abstracts...** Zurich: ISTA, 1995. p. 10-28.

HAMPTON, J. G.; JOHNSTONE, K. A.; EUAUMPON, V. Bulk conductivity test variables for mungbean, soybean and French bean seed lots. **Seed Science and Technology,** Zurich, v. 20, n. 3, p. 677-686, 1992.

HAMPTON, J. C.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods.** 3. ed. Zurich: ISTA, 1995. 117 p.

HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E. H. **Viability or Seeds**. London, 1974. p. 209-52.

HEPBURN, H. A.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Science and Technology,** Zurich, v. 12, n. 2, p. 403-413, 1984.

ISTA. International Seed Testing Association. International Rules for Testing Seeds, 2004. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, n. 2, p. 403, 2006.

KRYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, F. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 15-50, mar. 1991.

KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

KUO, W. H. J. Delayed - permeability of soybean seeds: characteristics and screening methodology. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 17, n. 1, p. 131-42, 1989.

LAGO, A. A.; ZINKE, E.; RAZERA, L. F.; BANZATTO, N. V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia,** Campinas, v. 38, p. 41-44, 1979. (nota 9).

LIMA, C. B.; SANTOS FILHO, S. V.; SÁ, C. R. L.; MOURA, R. D.; RUFINO, M. S. M.; FILHA, M. E. C. S.; RIBEIRO, M. C. C. Condutividade elétrica e embebição de sementes de mamona de duas safras (2003 e 2004). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL 2., 2005, Varginha – MG. **Anais...** Varginha, 2005. p. 123-127. 1CD-ROM.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivy test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Fort Collins, v. 12, n. 1, p. 37-53,1988.

MACHADO, J. da C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações.** Brasília: Ministério da Educação. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 107 p.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science,** Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Mar./Apr. 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba/SP: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2005. v. 1, 495 p.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R. da; NOVEMBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudo comparativo de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, dez. 1990.

MATTHEWS, S.; BRADNOCK, W. T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. **Horticultural Research**, Edinburg, v. 8, p. 89-93, 1967.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. **ISTA News Bulletin,** Zurich, n. 131, p. 32-35, Apr. 2006.

MATTHEWS, S.; ROGERSON, N. E. The influence of embrio condition on the leaching of solutes from pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 27. n. 100, p. 119-125, 1976.

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas, Tártago. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas.** Caracas, Venezuela: Fondo Nacional de investigaciones Agropecuarias, 1983. p. 277-360.

MORRIS, P. G.; DARCEUIL, H. E.; JASINSKI, A.; JHA, A. K.; McLNTYRE, D. J. O.; NORTHCOTE, D. H. **NMR microscopy of the germination castor bean.** London: Phillips Transactions Research Socierty, 1990. p. 487-483

MOSHKIN, V. A. Flowering and pollination. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor.** New Delhi: Amerind, 1986. p. 43-49.

MURPHY, J. B.; NOLAND, T. L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 69, n. 2, p. 428-431, Feb. 1982.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes:** conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. Cap. 2, p. 1-24.

NEERGAARD, P. **Seed pathology.** 2. ed. London: MacMillan, 1979. v. 1, 839 p.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; CALDEIRA, C. M.; SILVA, C. D.; SILVA, D. G. Teste de tetrazólio em sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2006. 1CD-ROM.

PAIVA AGUERO, J. **A Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com emergência de plântulas de soja em campo.** 1995. 92 p. Dissertação (Mestrado em Produção e tecnologia de sementes) - Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, SP.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Evaluation of the physiological potential tomato seeds. **Seed Technology**, Kentuky, v. 23, n. 2, p. 151-161, 2001.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Electrical conductivity of soybean soaked seeds. I. Effect of genotype. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 31, n. 9, p. 621-627, set. 1996.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Kurich, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

POWELL, A. A. Seed improvement by selection and invigoration. **Scientia Agricola,** Piracicaba, v. 55, p. 126-133, Aug. 1998. Número especial.

POWELL, A. A. Seed vigour and field establishment. **Advances in Research and Technology of Seeds**, New York, v. 11, p. 29-61, 1988.

POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, n. 112, p. 1215-1229, 1978.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida.** 1992. 125 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

QUEIROGA, V. P.; PARRA, N. R. Análises dos eletrólitos nos exsudatos das sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 6., 1989, Brasília. **Resumos...** Brasília: ABRATES, 1989.

RIBEIRO, D. M. C. A. **Adequação do teste de condutividade elétrica de massa e individual para avaliação da qualidade fisiológica de sementes**

de milho (Zea mays L.). 1999. 116 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RIBEIRO FILHO, J. **Cultura da Mamoneira**. Viçosa, UFV, 1966. 75 p.

SÁ, M. E. Condutividade elétrica em sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 13-19, jan./mar. 1999.

SÁ, M. E. Desempenho de sementes de feijão em função da presença de sementes enrugadas, manchadas, carunchadas e danificadas mecanicamente, com ênfase para condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 7, n. 1/2, p. 166, jul./ago. 1997.

SANTOS, S. R. G. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (BAILL.) SMITH e DOWNS.** 2004. 95 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

SIMOM, E. W.; RAJA HARUN, R. M. Leakage during seed imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford. v. 23, n. 77, p. 1076-1085, 1972.

SOUZA, L. A.; CARVALHO, M. L. M.; KATAOKA, V. Y.; CALDEIRA, C. M.; SILVA, C. D. Germinação de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2006. 1CD-ROM.

STEERE, W. C.; LEVENGOOD,W. C.; BONDIE, J. M. Na electrical analyser for evaluating seed germination and vigour. **Seed Science and Technology,** Zurich, v. 9, n. 2, p. 567-576, 1981.

TAO, J. K. Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. **Journal of Seed Technology,** Lansing, v. 3, n. 1, p. 10-18, 1978.

THOMAS, C. A. Permeability measurements of castor bean seed indicative of cold-test performance. **Science**, Washington, v. 131, n. 355, p. 1045-1046, 1960.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Science,** Madison, v. 17, n. 4, p. 573-577, July/Aug. 1977.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Lixiviação de potássio na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes,** Brasília, v. 25, n. 2, p. 7-12, 2003.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em sementes de amendoim: Efeitos de temperatura e períodos de embebição. **Revista Brasileira de Sementes,** Brasília, v. 21, n. 1, p. 41-45, 1999.

VAZQUEZ, G. H. **Condicionamento fisiológico de sementes de soja: efeitos sobre a germinação, vigor e potencial de armazenamento**. 1995. 138 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-32.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, set. 2002.

VIEIRA, R. D.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Electrical condutivity of soybean seeds after storage in several environmentes. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 599-608, 2001.

ZARELLA, G. C. N. Z.; UENO, B.; SILVA, S. D. A.; GOMES, A. C. Fungos associados às sementes de mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivadas na região de Pelotas, RS, safra 2003/2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande – PB. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-Algodão, 2004. v. 1, 1CD-ROM.